

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 15 SEP 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 37 948.7

Anmeldetag:

19. August 2003

Anmelder/Inhaber:Continental Teves AG & Co oHG,
60488 Frankfurt/DE**Bezeichnung:**Regelung und Überwachung von Brake-by-Wire
Systemen**IPC:**

B 60 T 13/66

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**München, den 26. August 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hoß

Regelung und Überwachung von Brake-by-Wire Systemen

Ausgangspunkt / Problemstellung

Bei Brake-by-wire Systemen, die auf einem aktiven (Vakuum-) Bremskraftverstärker basieren und die Entkopplung zwischen Pedal (Kolbenstangenweg) und Hauptbremszylinder (Druckstangenweg) durch einen mechanischen Leerweg mit Pedalkraftsimulator realisieren, stellt sich die Frage wie ein Versagen der hydraulischen Rückfallebene, z.B. durch Eintrag von Luft in das Bremssystem oder das Auftreten von Leckagen, für den Fahrer erkennbar bzw. vom System detektierbar ist.

Bei dem bisher bekannten Regelungskonzept für ein derartiges Bremssystem ist vorgesehen aus der sensorisch erfassten Pedalposition, einen Sollwert für den Hauptbremszylinderdruck zu berechnen und diesen dem Druckregelmodul des Bremskraftverstärker zuzuführen.

Bei diesem Konzept wird eine durch Luft oder Leckage verursachte Mehrvolumenaufnahme des Bremssystems, die zum Versagen der hydraulischen Rückfallebene¹ führt, durch die Regelung kompensiert und ist somit für den Fahrer nicht durch eine veränderte Pedalcharakteristik erkennbar.

Dies macht eine Überwachung der Druck-Volumencharakteristik des Bremssystems im Betrieb erforderlich. Aus der Entwicklung der elektrohydraulischen Bremse (EHB), auf die das geschilderte Problem ebenfalls zutrifft, ist bekannt, dass die Auslegung einer solchen Überwachungsfunktion aufgrund der Toleranzen von Bremsanlage und Sensoren aufwändig ist. Zudem lassen sich Fehlwarnungen (Warnung ohne Ausfall) und verspätete Warnungen (keine Warnung vor dem Ausfall) nicht vollständig vermeiden.

Das im folgenden beschriebene Verfahren umgeht dieses Problem durch ein Regelungskonzept bei dem der Fahrer trotz der Entkopplung eine haptische Rückmeldung in Form eines verlängerten Pedalweges erhält, wenn die Druck-Volumencharakteristik durch einen der genannten Fehlerfälle verstimmt wird.

Eine Überwachung der Druck-Volumencharakteristik wird trotzdem vorgesehen, deren Auslegung kann aber mit Fokus auf die Robustheit erfolgen (Vermeidung von Fehlwarnungen), da die Homologationsfähigkeit des Systems hiervon nicht abhängen sollte (Rückmeldung durch verlängerten Pedalweg ist Stand der Technik bei konventionellen Bremssystemen).

Wenn die robust ausgelegte Überwachung eine erhebliche Verstimmung der Druck-Volumencharakteristik detektiert, wird die Regelung in einen Modus versetzt, in dem der Fahrer eine zusätzliche Unterstützung erhält, wobei dieser Betriebszustand auch angezeigt wird (Warnlampe). Insofern trägt das vorgeschlagene Verfahren auch zur Verbesserung der Bremsfähigkeit im Fehlerfall bei.

Lösungsansatz

Das Verfahren geht vom Vorhandensein mindestens folgender Sensoren aus:

- Wegsensor zur Erfassung der Pedalstellung (Kolbenstangenweg s_1)
- Wegsensor zur Erfassung des Druckstangenweges s_2 (Membranwegsensor bei Vakuum-Bremskraftverstärkern²)
- Drucksensor zur Erfassung des Bremsdruckes, z.B. THZ-Druck p

¹ Bei Ausfall des Bremskraftverstärkers wird die vorgeschriebene Restbremswirkung nicht mehr erreicht.

² Der geschilderte Lösungsansatz ist grundsätzlich bei jeder Art von Bremskraftverstärkung anwendbar und nicht auf Systeme mit Vakuum-Bremskraftverstärker begrenzt.

Die Regelung des Bremskraftverstärkers, Pos A in Bild 1, ist so zu realisieren, dass wahlweise eine Regelung des Bremsdrucks p oder des Druckstangenweges s_2 erfolgen kann. Die Information über die jeweils zu verwendende Betriebsart (Regelungsmodus „Druck“ oder „Weg“) wird dem Regelungsmodul von anderen Systemkomponenten zugeführt, wobei Übergangsfunktionen zwischen den beiden Modi vorzusehen sind.

Die Standard-Betriebsart ist die Wegregelung. Hierzu wird aus dem sensierten Kolbenstangenweg s_1 (Maß für die Bremspedalstellung) ein Druckstangensollwert s_2^{soll} berechnet und dem Regelungsmodul zugeführt. Die Stangenweg-Sollwertgenerierung, Pos B in Bild 1, kann beispielsweise in Form einer Kennlinie implementiert werden. Vorzugsweise wird im unteren Bereich eine 1:1-Zuordnung realisiert (d.h. konstanter Leerweg zwischen Kolbenstange und Druckstange).

Ein Überwachungsmodul, Pos C in Bild 1, erfasst den tatsächlichen Druckstangenweg s_2^{ist} und den tatsächlichen Bremsdruck p^{ist} und vergleicht diese Werte im gebremsten Zustand³ kontinuierlich mit der gespeicherten nominalen Druck-Volumencharakteristik des Bremssystems. Liegt der tatsächliche Druckstangenweg deutlich (robuste Schwelle!) und bei mehreren aufeinanderfolgenden Bremsungen über dem nominalen Weg, der dem gerade vorliegenden Bremsdruck p zugeordnet ist, ist von Lufteintrag oder Leckagen im Bremssystem auszugehen.

In diesem Fall aktiviert das Überwachungsmodul eine Warnlampe, um den Fahrer über den Fehlerzustand zusätzlich⁴ zu informieren und insbesondere anzuzeigen, dass das System ab jetzt eine zusätzliche Unterstützung vornimmt⁵.

Die zusätzliche Unterstützung im Fehlerfall kann je nach Schwere des Fehlers nach einer der folgenden Methoden erfolgen

1. Das Regelungsmodul wird in die Betriebsart „Druckregelung“ versetzt. Als Drucksollwert wird dem Modul der Wert zugeführt, der sich bei dem sensierten Kolbenstangenweg s_1 aus der nominalen Druck-Volumencharakteristik ergibt, Pos D in Bild 1.
2. Das Regelungsmodul bleibt in der Betriebsart „Wegregelung“. Aus der Differenz Δs des tatsächlichen und des nominalen Druckstangenweges wird bei jeder Bremsung (nach der Fehlerkennung) ein Korrekturwert s_{kor} , z.B. $s_{\text{kor}} = \Delta s/2$, gebildet, der additiv auf den Druckstangensollwert angewendet wird.

Bei Methode 2 kann gezielt eine *teilweise* Kompensation der Druck-Volumencharakteristik vorgenommen werden, während mit Methode 1 die *vollständige* Kompensation angestrebt wird, bzw. die maximal erzielbare Restbremswirkung ausgenutzt wird. Methode 1 ist somit vorzugsweise bei besonders schweren Fehlerzuständen anzuwenden.

Eine weitere Option zur Maximierung der Restbremswirkung bei Lufteintrag (z.B. durch Dampfblasenbildung) besteht darin, den Bremskraftverstärker pulsierend anzusteuern, um zusätzliches Volumen in die Radbremsen zu fördern (Nachbildung des Pedalpumpens bei Bremsversagen).

³ Hierbei wird von einer Normalbremsung (teilgebremst) ausgegangen. Bei aktiven Fahrdynamik-Regelsystemen (ABS, ESP,...) muss auf die Überwachung verzichtet werden, da die Druck-Volumencharakteristik in diesen Fällen durch Ventilschaltungen verfälscht wird.

⁴ Der Fahrer hat bereits vorher eine Rückmeldung durch den verlängerten Pedalweg erhalten.

⁵ In diesem Betriebszustand ist das Versagen der hydraulischen Rückfallebene nun nicht mehr vollständig durch die Pedalcharakteristik für den Fahrer erkennbar.

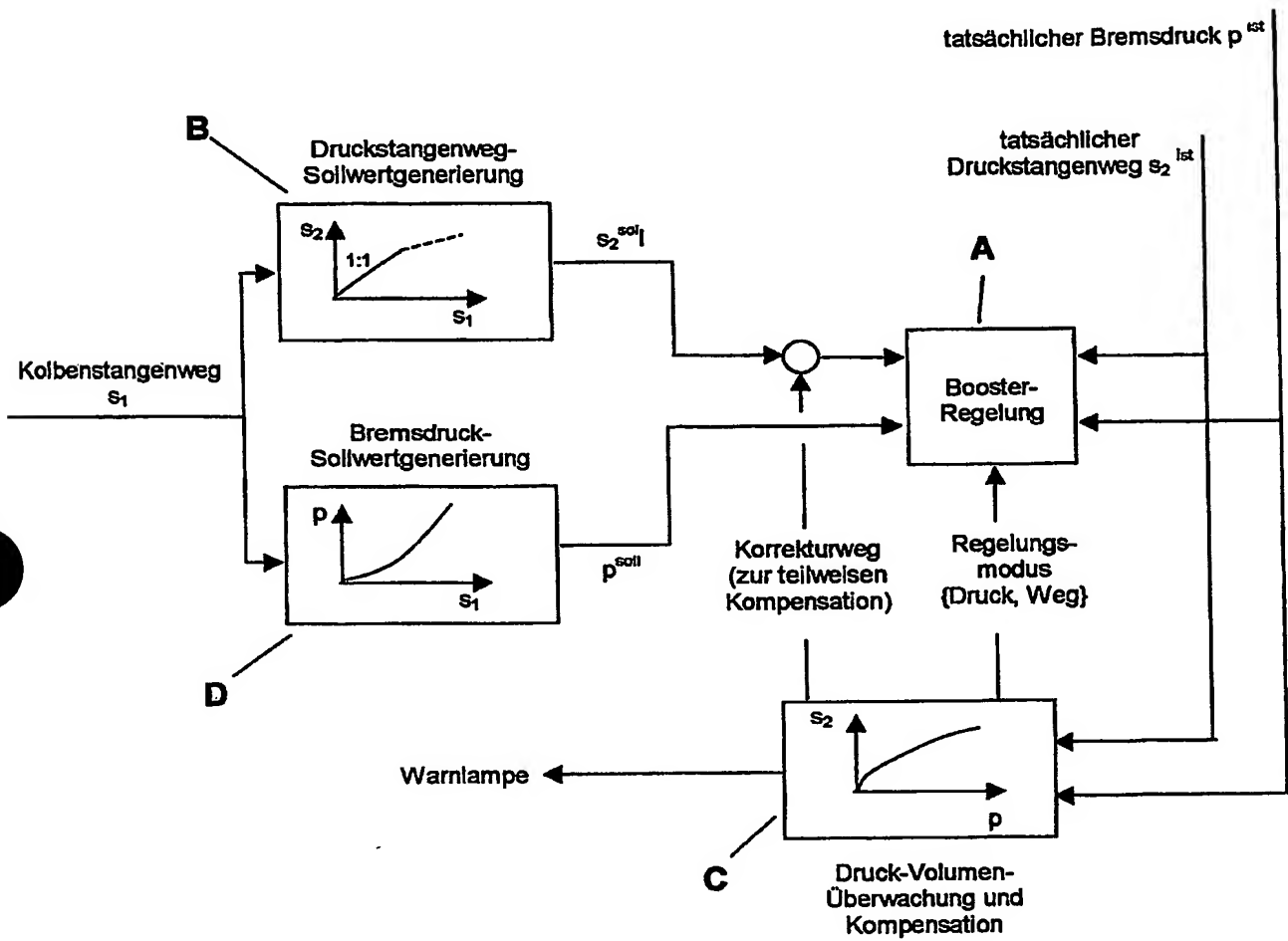


Bild 1: Blockschaftbild des vorgeschlagenen Regelungs- und Überwachungskonzeptes